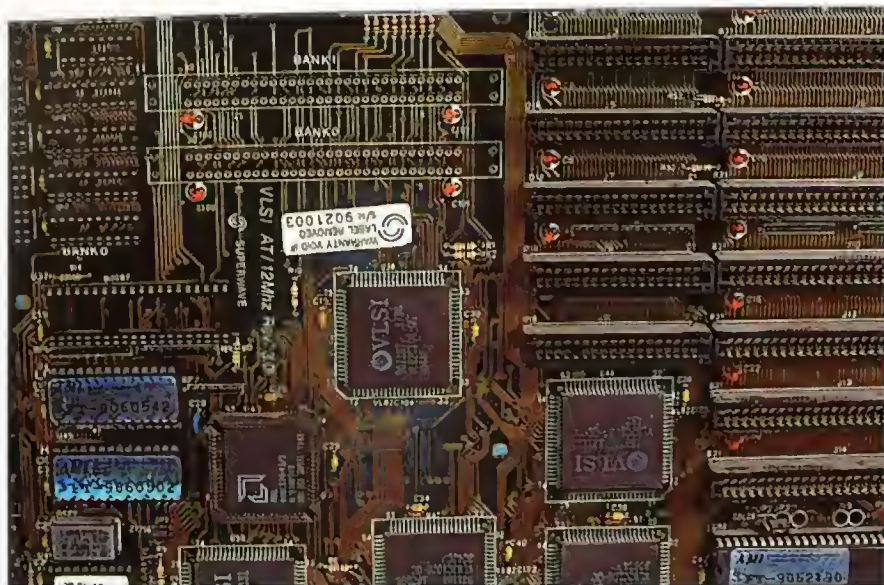
SPEDIZIONE IN ABB. POST. GRUPPO II/70
ELETTRONICA E PC
L.9.900 Frs.17
19
HARDWARE E PERIFERICHE
Il PC come standard
CORSO DI ELETTRONICA DIGITALE
Le famiglie bistabili
REALIZZAZIONI PRATICHE
Controllo del consumo di energia elettrica
JACKSON LIBRI

Il PC come standard

Negli anni settanta il PC cominciò ad essere introdotto nei diversi ambiti professionali e non professionali, rivoluzionando il sistema di gestione del lavoro e delle più svariate attività.

Questo boom del PC è stato provocato dalla INTEL, che nel millenovecentosettantotto ha presentato il microprocessore 8088; questo dispositivo ha rivoluzionato in modo tale il mondo dell'informatica da rendere difficile il paragone con le innovazioni avvenute in altri ambiti della vita moderna attuale. Non solamente la INTEL ha contribuito a questo frenetico sviluppo dell'informatica, anche se è sempre stata la casa costruttrice di microprocessori più all'avanguardia nel settore, ma anche altri produttori di componenti che non volevano essere esclusi dal mercato hanno partecipato a questa corsa, favorendo l'informatizzazione di massa. I Personal Computer dotati di quel

I personal computer dotati del microprocessore 8088 vengono denominati XT

Ogni costruttore di computer ha apportato delle migliorie alla scheda madre

tipo di microprocessore sono stati chiamati **XT.**
Ogni costruttore di personal ha contribuito all'evoluzione di qualche particolare, specialmente nel campo dei circuiti integrati, aumentando ad esempio la velocità di lavoro dei chip, che inizialmente era di 4,77 MHz, sino ai 12 MHz della scheda madre degli XT modello Superturbo.
Altre migliorie sono legate all'incremento della memoria RAM disponibile sulla scheda madre poiché, come è accaduto per il microprocessore, i costruttori dei chip di memoria sono riusciti a ridurne le dimensioni, consentendo di conseguenza la riduzione anche delle dimensioni della scheda madre e di tutto il PC.

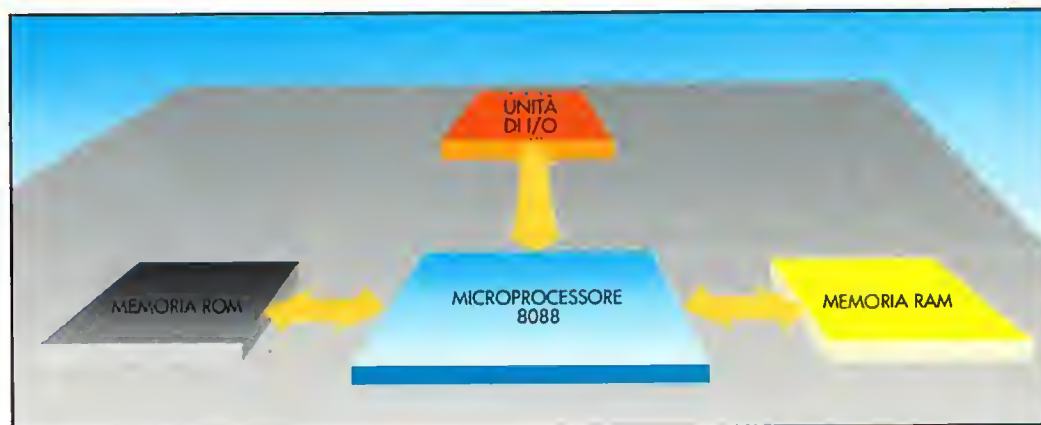
Il NEC V20 costruito dalla NEC è un processore simile all'8088/8086 della INTEL

FUNZIONAMENTO DEL PC

I principi sui quali si basa il funzionamento di un PC, indipendentemente dalle sue dimensioni e dal fatto che sia più o meno recente, sono praticamente sempre stati gli stessi, poiché i concetti principali sono sostanzialmente simili.
Il PC è composto da alcune parti essenziali, che sono identiche per tutti gli elaboratori:
- *microprocessore*
- *coprocessore matematico*
- *sistema di memoria*
- *unità di ingresso/uscita*

Il microprocessore, o CPU (*Central Processing Unit*), è il motore o cuore del computer, poiché è il dispositivo incaricato di eseguire e gestire le principali funzioni dello stesso: indirizzamento della memoria, gestione degli interrupt dei programmi, controllo e trasmissione dei dati attraverso i bus, ed esecuzione delle necessarie operazioni aritmetiche.

Dal punto di vista fisico è un circuito integrato, con molti terminali, che viene montato sulla scheda madre; è composto principalmente dalla *ALU* (Unità Aritmetico Logica) e dall'*unità di controllo*. La prima rappresenta la sezione nella quale vengono eseguite tutte le operazioni aritmetiche, mentre la seconda esegue tutte le operazioni di gestione, utilizzando diversi registri che servono per l'immagazzinamento temporaneo dei dati. Di questi registri almeno due sono sempre presenti: uno di questi viene utilizzato per memorizzare l'interrupt eseguito in un dato istante, mentre l'altro è un registro chiamato puntatore di interrupt *IP* (Instruction Pointer) nel quale viene memorizzato l'interrupt che deve essere eseguito successivamente.
Il *coprocessore matematico* (la sua installazione è facoltativa) è il dispositivo incaricato

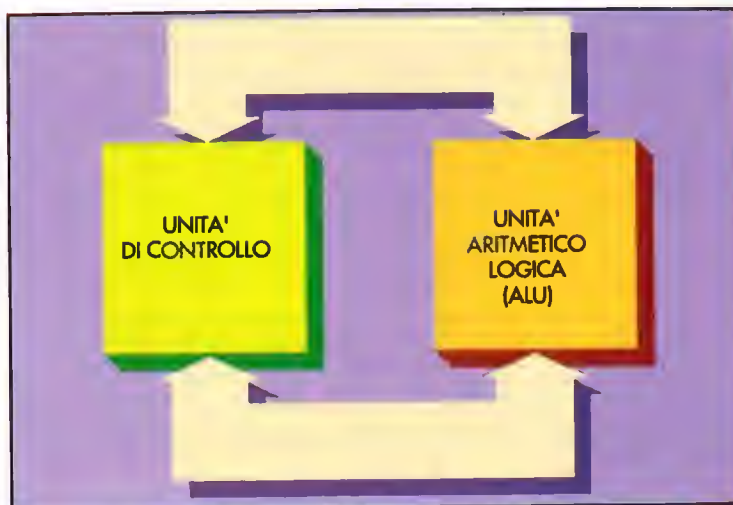
Schema a blocchi caratteristico di un PC XT, nel quale l'8088 rappresenta il cuore di tutte le operazioni

di eseguire tutte le operazioni matematiche, quali l'addizione, la sottrazione, la divisione e la moltiplicazione, sollevando da questo compito il microprocessore che, in questo modo, lavora più velocemente. Un esempio di impiego del coprocessore matematico è in abbinamento al programma AUTOCAD, o ad altri programmi di disegno nei quali è necessario lo sviluppo di parecchi calcoli matematici.

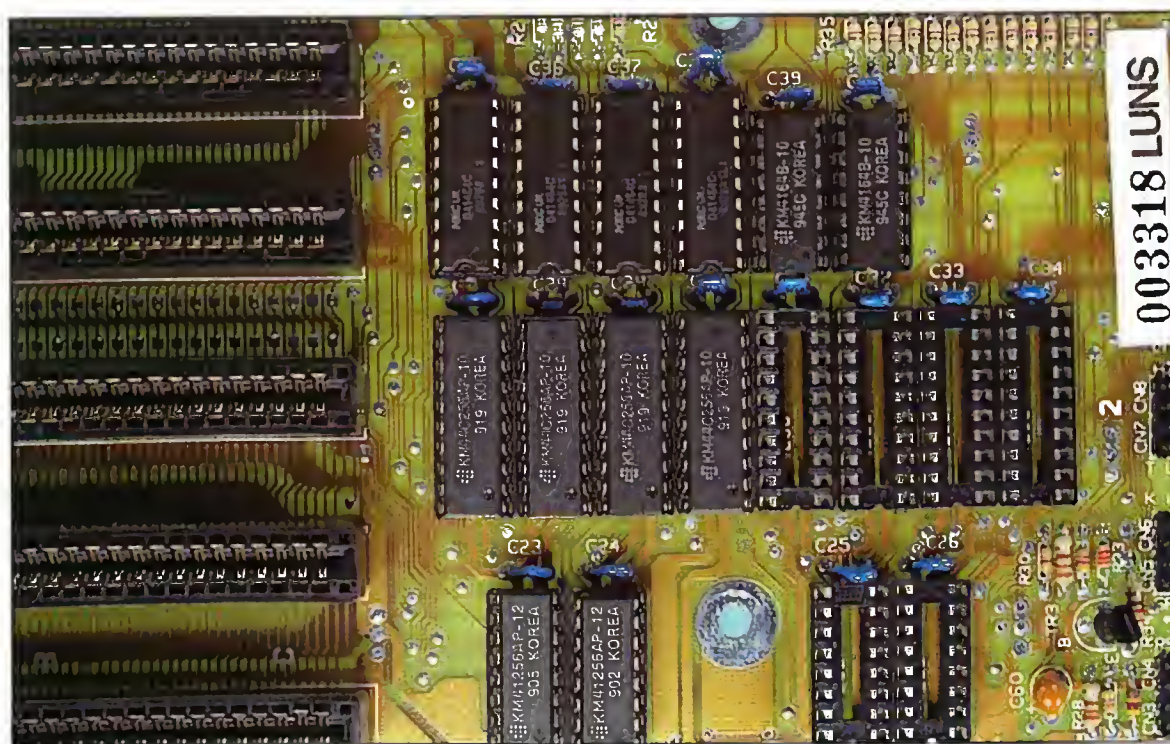
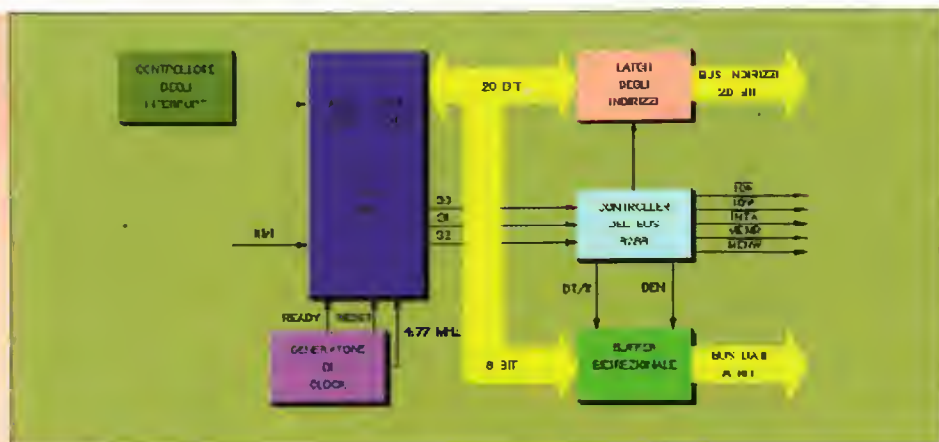
Il sistema di memoria viene utilizzato per immagazzinare programmi, calcoli e altri dati in generale.

L'unità di memoria è composta da due grandi famiglie:

- *la memoria RAM*
- *la memoria ROM*

La *memoria RAM* è una memoria ad accesso casuale che può essere letta e scritta in ogni istante; la sua funzione consiste nel fare da intermediario dei dati tra i diversi elementi del PC. Questa memoria è *volatile* per cui, quando si spegne il PC, il suo contenuto viene irrimediabilmente perso.

Le *memorie ROM* sono a sola lettura, e contengono i programmi scritti dal costruttore del PC; la loro funzione è quella di collegare l'hardware e il software, e sono conosciute come ROM-BIOS della tastiera e del sistema. Queste memorie sono generalmente costituite da EPROM (programmabili elettricamente e cancellabili con i raggi ultravioletti) anziché da ROM vere e proprie, anche se quest'ultimo è il nome con cui sono più comunemente definite.

Il microprocessore è composto da due parti: l'unità di controllo e la ALU (Unità Aritmetico Logica)

L'8088 indirizza 1024 Kbyte di memoria RAM, che è costituita da un banco di memoria composto dall'insieme di diversi chip

Il coprocessore matematico è il componente incaricato di eseguire tutte le operazioni matematiche

Il microprocessore 8088 può operare solo in abbinamento ad altri circuiti indispensabili per il suo funzionamento

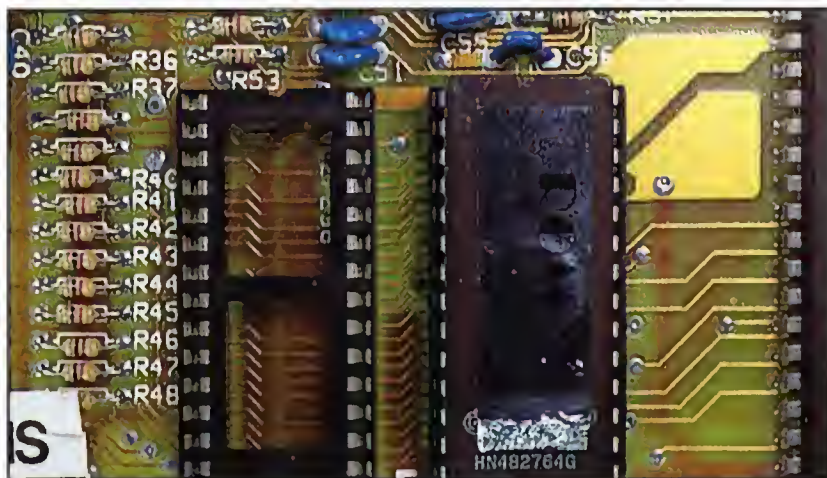
L'unità di ingresso/uscita è quella che consente la comunicazione tra l'uomo e la macchina. Tramite l'unità di ingresso si possono introdurre con mezzi diversi i dati nel PC; questi mezzi possono essere la tastiera, il mouse, il lettore ottico, la tavoletta grafica, o altri sistemi più complessi come ad esempio i dispositivi in grado di riconoscere la voce che viene inviata attraverso un microfono.
Con i dispositivi di uscita si ottengono le informazioni dal PC; per fare ciò si utilizzano alcune interfacce, quali il monitor che fornisce una informazione di tipo visivo, o la stampante e il plotter che forniscono una informazione scritta.

L'importanza del microprocessore

In un sistema computerizzato è di vitale importanza il microprocessore, poiché tutte le istruzioni del programma che sta eseguendo l'elaboratore, tutti i caratteri che vengono visualizzati sullo schermo o scritti dalla stampante, devono obbligatoriamente passare dal microprocessore per essere elaborati; quest'ultimo, per eseguire il suo compito ha la necessità di dover comunicare con i diversi dispositivi che compongono il sistema. Questa comunicazione avviene tramite i *bus*, costituiti da un insieme di linee di un bit ciascuna, attraverso le quali il microprocessore invia e riceve i dati.

Il microprocessore 8088

L'8088 della INTEL è il microprocessore installato nel primo PC IBM, e per questa ragione viene considerato il *padre* dei PC successivi; infatti, partendo dall'architettura di base di questo componente, ogni costruttore ha apportato delle migliorie che hanno permesso l'aumento della velocità e della memoria, senza però modificarne la struttura di base.
Questo microprocessore è caratterizzato dal fatto che impiega istruzioni da 16 bit e parole o ottetti dati di uscita da 8 bit.
L'8088 utilizza internamente parole da 16 bit, ma la CPU espande la sua parola interna sino a 20 bit tramite la tecnica della segmentazione.
Gli indirizzi di memoria vengono suddivisi, dal punto di vista logico, in segmenti di 64 Kbyte (massima quantità di memoria che può essere indirizzata con un determinato valore del registro di segmento). L'indirizzo di partenza di uno di questi segmenti viene memorizzato in alcuni registri speciali definiti *registri di segmento*; allo stesso modo i byte di un segmento vengono indirizzati utilizzando un registro di scorrimento a 16 bit.
L'indirizzamento fisico della memoria del microprocessore 8088, realizzato con 20 bit, si ottiene

La memoria ROM-BIOS ha il compito di creare il necessario collegamento tra il software e l'hardware

Il microprocessore 8088 utilizza internamente parole di soli 16 bit

facendo scorrere di quattro posizioni esadecimali verso sinistra i 16 bit che compongono l'indirizzo di partenza del segmento, e sommando a questa quantità il contenuto del registro di indirizzamento a 16 bit o di un offset.
Dopo che il microprocessore ha eseguito la somma, l'indirizzo fisico della memoria diventa a 20 bit, e viene inviato ai 20 terminali degli indirizzi di cui è dotato il microprocessore 8088.
Questi indirizzi segmentati vengono scritti per mezzo di due parole esadecimali separate da due punti; ad esempio, possono essere rappresentati da due parole di quattro caratteri ciascuna, "ACDA:1432", in cui la prima rappresenta il segmento e la seconda lo scorrimento.

La scheda madre di un XT è dotata di alcuni commutatori switch per selezionare le modalità operative del PC

La scheda madre dell'XT

I computer dotati del microprocessore 8088, o di altri simili come l'8086 o il NEC 20, sono stati definiti "XT".
Il microprocessore di per se stesso non costituisce un computer, ma deve essere montato su un circuito stampato, conosciuto comunemente con il nome di *scheda madre*, sul quale devono essere presenti anche tutti gli altri dispositivi che compongono il PC.
L'8088, con le sue 20 linee di indirizzi, è in grado di gestire 1.048.576 byte di memoria, che equivalgono a 2 elevato alle 20 linee di indirizzamento di memoria.
Queste 20 linee di indirizzi sono indicate con i nomi dei terminali del microprocessore AD0-AD7 e AD8-AD19.
Le linee AD0-AD7 servono per il trasferimento sia degli indirizzi che dei dati, mentre le linee AD8-AD19 trasferiscono solo gli indirizzi.
Gli indirizzi sono controllati dall'integrato 8288, un controllore di bus usato per generare il segnale di abilitazione di *latch* degli indirizzi "ALE" per i circuiti integrati di memorizzazione degli indirizzi che, generalmente, sono costituiti da tre chip 74LS373. Inoltre, questo controller gestisce anche il multiplexing degli indirizzi che escono dal microprocessore.

Gli otto slot di espansione consentono di collegare le schede addizionali

L'8088 attraverso i terminali S0-S2 indica al controller del bus se sulle linee degli indirizzi AD0-AD7 deve trasferire dati o indirizzi. In quest'ultimo caso, l'8288 genera il segnale ALE che abilita il trasferimento degli otto bit relativi all'indirizzo nei latch degli indirizzi, e dopo che questi sono stati memorizzati le linee degli indirizzi AD0-AD7 diventano nuovamente libere e disponibili per il trasferimento bidirezionale dei dati. Questa operazione viene controllata anche per mezzo del segnale DEN, che autorizza lo scambio dei dati, mentre il segnale di trasmissione/ricezione DT/R ne controlla il verso; tutti questi segnali sono generati dal

L'8088 con le sue 20 linee di indirizzi è in grado di gestire 1.048.576 byte di memoria

La scheda madre è dotata di una serie di circuiti che hanno il compito di sollevare da certe operazioni il microprocessore

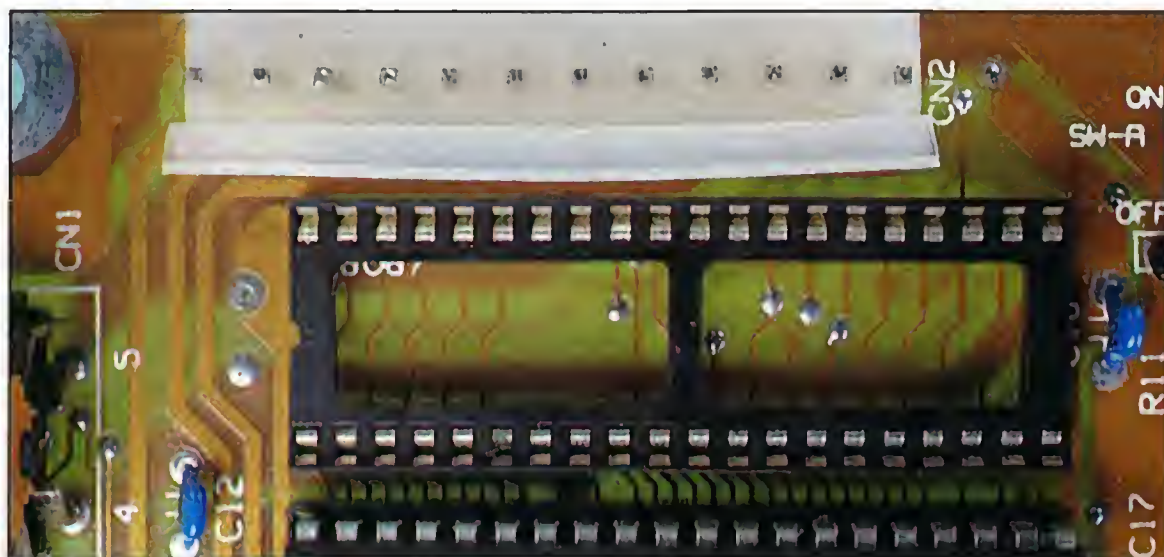
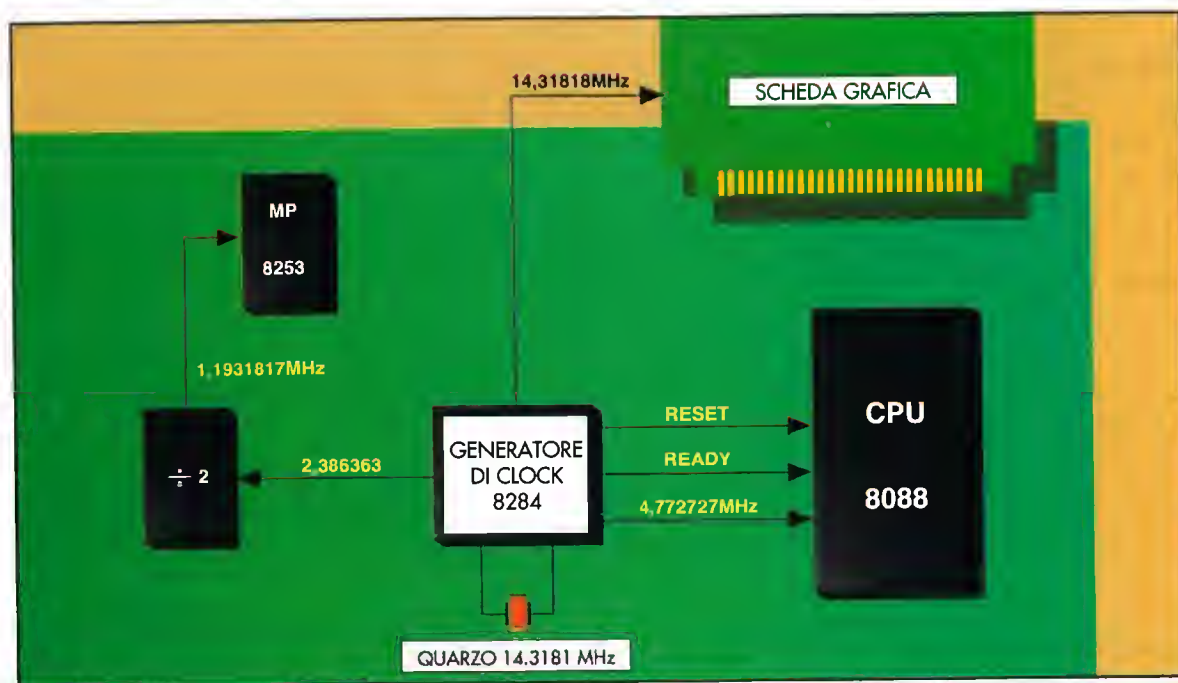
controller del bus 8288, che a sua volta è gestito dall'8088.
Le uscite del microprocessore S0-S2 servono anche per informare il controller del bus se il tipo di operazione che deve essere eseguita è di lettura o di scrittura; questa indicazione viene fornita tramite quattro di segnali, due di lettura e due di scrittura, che abilitano sia la memoria RAM che le porte di I/O per l'operazione corrispondente. Questi segnali sono conosciuti con i nomi MEMR e IOR, per i segnali di lettura in RAM o sulle porte di I/O ripettivamente, e MEMW e IOW per i segnali di scrittura.
La scheda madre è dotata anche di una serie di circuiti incaricati di sgravare il microprocessore da alcune operazioni, quali la sincronizzazione interna del sistema, la supervisione degli interrupt (punti chiave per il funzionamento del PC) e la temporizzazione.
Ognuno di questo blocchi opera in combinazione con il microprocessore formando un insieme molto armonico.
La sincronizzazione interna viene fornita dal generatore di clock, costituito dal circuito integrato 8284, che temporizza il ciclo operativo del PC.

Il controllore degli interrupt è il dispositivo che gestisce la loro priorità

IL CLOCK DELLA SCHEDA MADRE

Questo dispositivo ha il compito di eseguire le operazioni di sincronizzazione interna del PC.

Un circuito comunemente impiegato nelle schede madri degli XT è l'8284, che genera i segnali di temporizzazione per il ciclo di base del PC.
Questo integrato è collegato ad un oscillatore a cristallo da 14,31818 MHz, comunemente definito oscillatore al quarzo, e fornisce i vari segnali di clock necessari per i diversi componenti del PC.
Questi segnali di clock sono:
- 14,31818 MHz per la scheda grafica,
- 4,772727 MHz per il clock dell'8088
- 4,772727 MHz per il segnale di clock CLK fornito agli slot di espansione,
- il segnale di reset,
- il segnale di clock da 2,386363 MHz che, dopo essere stato diviso per due, viene utilizzato dal temporizzatore programmabile 8253 per generare altri segnali di sincronismo necessari per il corretto funzionamento dell'XT.

Zoccolo per il microprocessore 8087

Il generatore di clock 8284 fornisce i clock di lavoro dell'8088 e dei circuiti associati

Il controllo degli interrupt

Gli interrupt sono fondamentali per il funzionamento del computer, poiché permettono allo stesso di comunicare in modo continuo e imprevisto con la periferia.
Nella scheda madre di un XT il circuito utilizzato per la gestione degli interrupt è l'8259, il cui compito è quello di mantenere l'ordine e la priorità in funzione dell'importanza della richiesta di interrupt. In questo modo è possibile gestire con maggior sicurezza ed efficacia il flusso delle operazioni che la CPU deve eseguire.
Quando il circuito integrato 8259 riceve una richiesta di comunicazione con il microprocessore da parte di una periferica, genera un segnale di avvertimento per interrompere il ciclo in corso, provocando nella CPU (8088) il blocco del programma che sta eseguendo in quel momento e la ricerca ad un indirizzo speciale di memoria della subroutine relativa a quell'interrupt.
Il controller è dotato di 8 ingressi per la richiesta di interrupt, conosciuti con la notazione IRQ0-IRQ7; ad ognuno di questi interrupt viene associato un livello di priorità, a partire dal valore massimo corrispondente ad IRQ0. In questo modo, se al controller giungono due interrupt contemporanei verrà preso in considerazione prima quello con livello più alto, e successivamente quello con livello più basso, evitando perciò qualsiasi tipo di conflitto.

Evoluzione dell'8088

Come detto in precedenza, l'8088 è un microprocessore caratterizzato da un bus dati a 16 bit interni e 8 bit esterni, e da un bus indirizzi a 20 bit. Il sistema operativo MS-DOS è stato progettato per questo tipo di microprocessore, e pertanto ne ha ereditato vantaggi e svantaggi, come ad esempio il limite di 1024 Kbyte indirizzabili imposto dalla dimensione di 20 bit del bus indirizzi.
Successivamente è stato sviluppato l'8086, caratterizzato da un bus dati esterno e interno a 16 bit, ma con lo stesso bus indirizzi a 20 bit, per cui agli effetti della programmazione i due microprocessori si comportavano allo stesso modo ed erano considerati paritetici.
L'evoluzione successiva si è conclusa con la progettazione dell'80286, un microprocessore dotato di un bus dati a 16 bit, ma con un bus indirizzi a 24 bit che ha consentito l'indirizzamento

L'8259 è il circuito integrato utilizzato per controllare gli interrupt

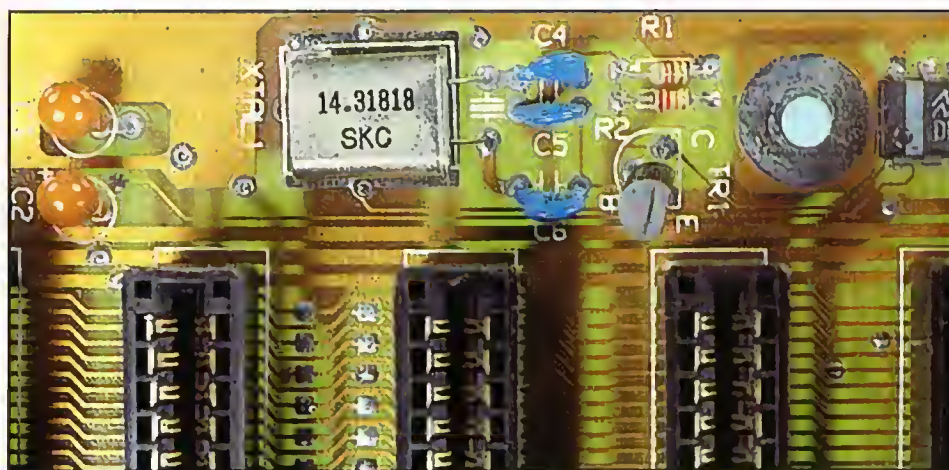
Il microprocessore 80286 è il componente che caratterizza i computer AT

di 16 Mbyte di memoria a fronte del solo Mbyte indirizzabile dai sistemi 8088 e 8086.
Inoltre, questo micro è in grado di funzionare con due modalità operative: la modalità *reale* e la modalità *protetta*. In modalità reale l'80286 opera da emulatore dell'8086, indirizzando 1024 Kbyte di memoria, mentre in modalità protetta l'80286 è in grado di indirizzare 16 Mbyte di memoria RAM, con la possibilità perciò di eseguire funzioni multiple, che corrispondono all'esecuzione simultanea di diverse operazioni che condividono i dati tra di loro.

Il controllore degli interrupt gestisce l'ordine di priorità delle richieste fatte dalle diverse periferiche

L'80286 è il componente che caratterizza i computer della famiglia AT. Il passo successivo è stato lo sviluppo dell'80386, dotato di un bus indirizzi e di un bus dati a 32 bit; questo componente ha provocato il salto di qualità dei PC, in quanto ha reso possibile l'indirizzamento di 4096 Mbyte di memoria e l'emulazione di tutti i microprocessori precedenti (8088/8086 e 80286). Inoltre, anche questo dispositivo può operare in due modalità, la modalità *protetta* e la modalità *virtuale*.

In modalità protetta 386 può operare con 4096 Mbyte di memoria, poiché sfrutta completamente i 32 bit. In modalità virtuale è in grado di emulare più microprocessori (multipli) 8086, ciascuno con la propria area di indirizzamento di memoria da 640 Kbyte; ciò vuol dire che è possibile lavorare contemporaneamente con più applicazioni 8086, assicurando una protezione a tutte le aree.
Negli ultimi anni l'evoluzione dei PC ha portato alla comparsa dell'80486, dotato di bus a 32 bit sia per i dati che per gli indirizzi; la sua peculiarità è dovuta al chip 486 che ha già incorporato un coprocessore matematico, e che sulla scheda madre presenta uno zoccolo esterno per un secondo coprocessore. Lo sviluppo dei personal non si ferma però qui; è infatti già disponibile in commercio il 586, denominato Pentium, dotato anch'esso di bus a 32 bit ma con velocità di clock decisamente superiori a quelle precedenti.

Quarzo utilizzato per generare i diversi segnali di clock del PC

I DISPOSITIVI BISTABILI

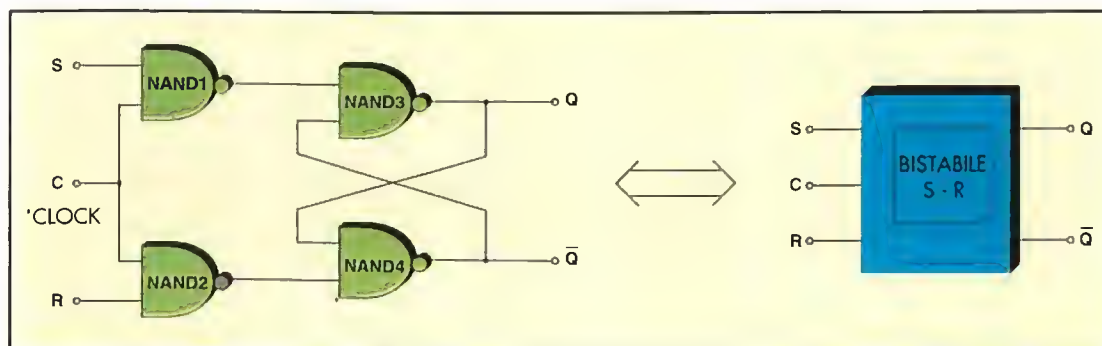
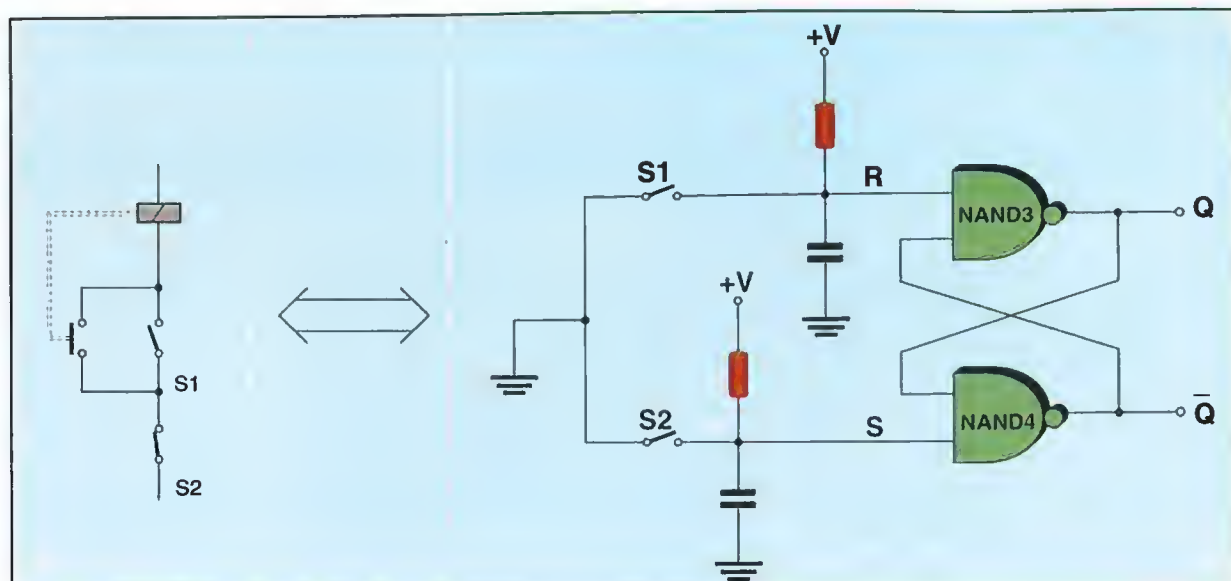
Nel capitolo precedente è stato descritto il funzionamento generale di un bistabile, per cui è possibile analizzare di seguito i modelli fondamentali di flip-flop esistenti in commercio, e il modo per convertire uno di questi partendo da un altro.

Prima di esaminare le famiglie dei bistabili più tradizionali, è opportuno fornire alcune informazioni relative ai termini che verranno utilizzati nel capitolo.

Un flip-flop può avere due tipi di ingressi: *sincroni* o *asincroni*. I primi hanno bisogno di un impulso di clock esterno per trasferire in uscita i dati presenti in ingresso, tenendo presente che il valore di uscita è comunque sempre funzione della combinazione dei dati di ingresso e delle variabili interne, come già indicato nel capitolo precedente.

Nei flip-flop asincroni invece l'uscita commuta immediatamente in funzione delle variazioni subite dagli ingressi e delle variabili interne di sistema. Generalmente un flip-flop è dotato sia di ingressi sincroni che asincroni, ed è prioritaria l'azione di questi ultimi. All'ingresso di *clock*, che significa orologio, arrivano i segnali che servono per gestire gli ingressi sincroni. Questo ingresso risulta molto utile poiché tramite una sola linea permette la gestione di diversi flip-flop. Infatti, inviando lo stesso segnale di clock a tutti i flip-flop del sistema è possibile fare in modo che la commutazione di stato sulle loro uscite avvenga nello stesso istante, vale a dire in modo sincrono o simultaneo. Il controllo eseguito dal clock può avvenire per livelli o per fronti. Nel primo caso l'abilitazione si verifica quando il clock commuta a livello alto. Nel secondo caso invece l'abilitazione avviene in corrispondenza di un fronte, che può essere di discesa o di salita; questa condizione viene indicata nelle caratteristiche tecniche con il termine *edge triggered*.

Esistono quattro tipi di flip-flop, anche se in questo capitolo verranno esaminati solamente i primi due:

- *Flip-flop R-S*
- *Flip-flop J-K*
- *Flip-flop D*
- *Flip-flop T*

Flip-flop R-S sincrono formato da quattro porte NAND, controllato da un segnale di clock

Un esempio di applicazione dei bistabili R-S nel controllo marcia-arresto di un motore

Il flip-flop R-S

In questa categoria di bistabili si possono distinguere due configurazioni: una con ingressi asincroni e l'altra temporizzata, o con ingressi sincroni. Di seguito viene esaminata la prima configurazione. Il flip-flop R-S è dotato di due ingressi asincroni chiamati Set o Preset (S), e Reset o Clear (R), e di due uscite Q e la sua complementare /Q. Un livello alto sull'ingresso S genera un livello alto anche sull'uscita Q, mentre un livello alto sull'ingresso di Reset commuta l'uscita Q a livello basso. Da questo si può ricavare la tabella della verità corrispondente:

S	R	Q	/Q
0	0	Qn	/Qn
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	X	X

Flip-flop R-S con segnali impostazione a 0 e 1 definiti rispettivamente Clear e Preset

Quando i due ingressi R e S sono a livello logico 1 lo stato delle uscite è indeterminato (indicato con una X), e dipende dalla configurazione interna del flip-flop utilizzato. Ovviamente questa combinazione degli ingressi non ha senso, poiché la condizione S=1 indica che l'uscita Q assume il valore 1, e contemporaneamente la condizione R=1 indica che la stessa uscita Q deve assumere il valore 0. Per questo motivo l'uscita non rispetta le regole dettate dalle combinazioni di ingresso, ma dipende solo dalle condizioni imposte dalle variabili interne di sistema, per cui il suo valore può essere diverso di volta in volta e di conseguenza viene indicato come *indeterminato*. Questo tipo di configurazione è molto utilizzata nei circuiti di chiusura e apertura abbinati ad interruttori o pulsanti, come ad esempio nella funzione di marcia-arresto di un motore. Se si osserva la figura corrispondente, si può notare che questa modalità di funzionamento è rappresentata da un pulsante normalmente aperto, da un'altro normalmente chiuso e da un relè con autoritenuta; di lato viene riportato il circuito equivalente realizzato con porte logiche.

Il funzionamento del circuito elettronico è il seguente. Premendo S1 si porta a 0 il terminale R, per cui l'uscita Q assume il valore 1 che, unitamente al livello logico alto presente sul terminale S, genera uno 0 su /Q; questo valore viene riportato all'altro ingresso della porta NAND3, e mantiene fisso il

La realizzazione di un flip-flop J-K partendo da un flip-flop R-S, si ottiene semplicemente aggiungendo a quest'ultimo due porte AND

valore 1 in uscita indipendentemente dal livello che può assumere R.

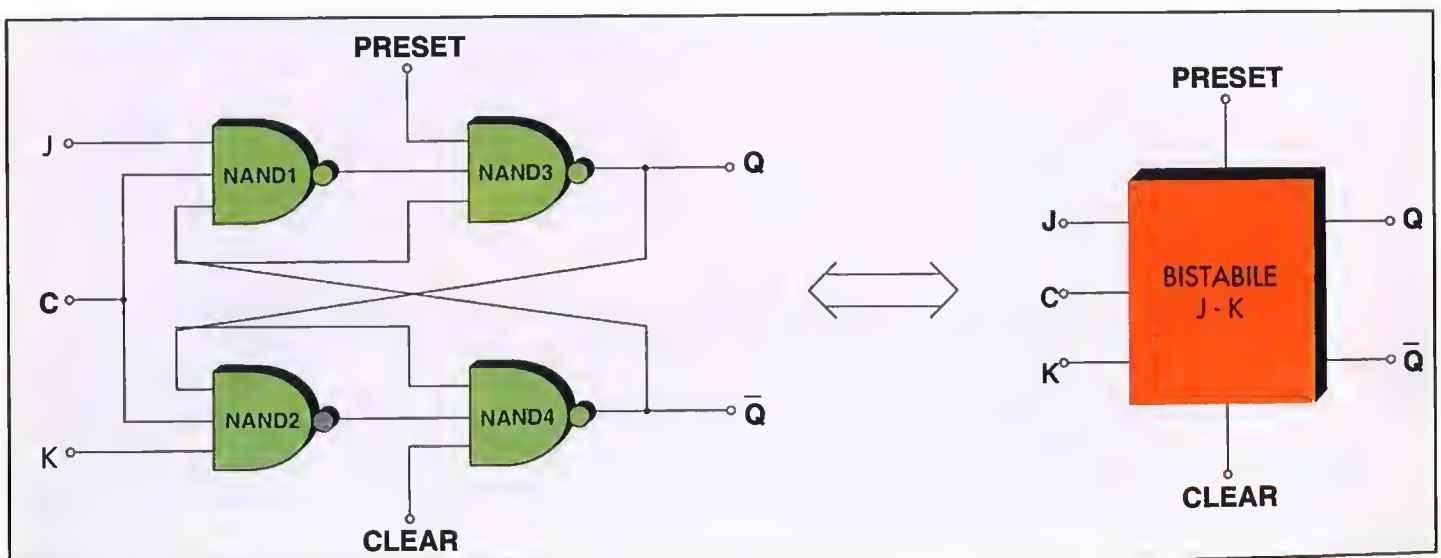
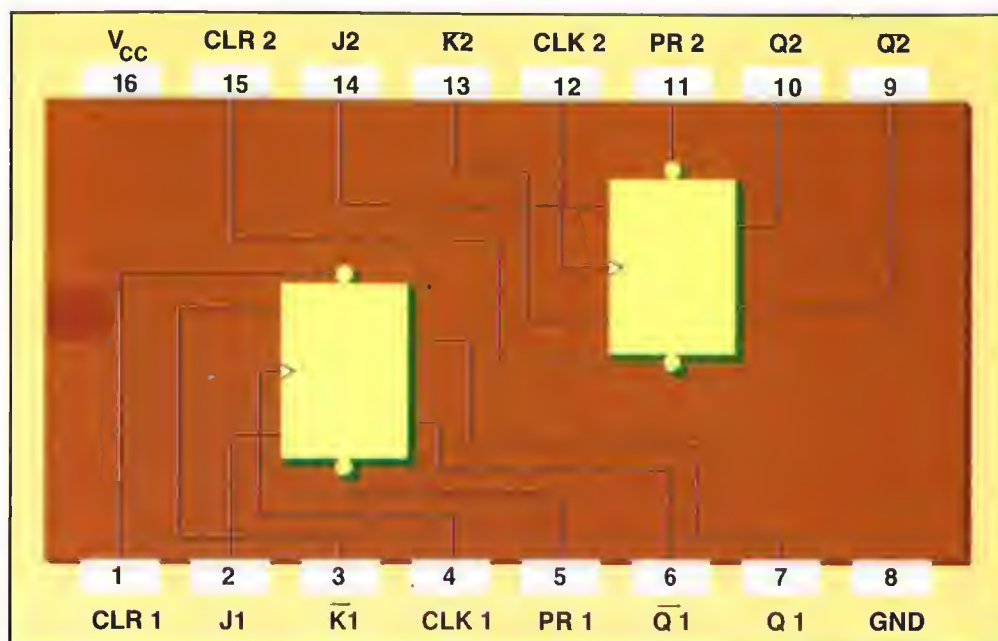
Di conseguenza, il valore di Q rimane stabilmente ad 1 anche se si preme ripetutamente S1, e varia solamente quando viene premuto S2. Quest'ultima situazione genera uno 0 sul terminale S che porta l'uscita /Q al valore 1; questa, unitamente al valore 1 presente normalmente sul terminale R, provoca la commutazione dell'uscita Q al valore 0.

La differenza sostanziale che esiste tra i due circuiti è apprezzabile solamente nel momento in cui viene fornita tensione. In questo istante infatti, nel circuito analogico il relè assume una condizione fissa e determinata; in altre parole rimane sempre disattivato. Nel circuito a porte logiche invece, la condizione iniziale non è determinata, e può essere una qualsiasi. Per renderla certa è necessario fare in modo che una delle combinazioni resistenza-condensatore di ingresso risulti maggiore dell'altra. Se a questo flip-flop si aggiunge un circuito di clock, oltre ai due ingressi dei dati S (attivazione) e R (disattivazione), si ottiene il flip-flop temporizzato R-S della figura successiva. Le porte NAND3 e NAND4 formano il bistabile, mentre le porte NAND1 e NAND2 sono le porte di controllo che gestiscono lo stato del flip-flop dopo che è stato inviato l'impulso. Si può notare che tra due impulsi successivi, quando il clock si trova a livello 0, le uscite delle porte 1 e 2 sono sempre a livello 1 indipendentemente dai valori di R e S. In altre parole il flip-flop non cambia di stato tra due diversi impulsi di clock. Di conseguenza, il circuito si può considerare equivalente al bistabile visto in precedenza.

IL FLIP-FLOP J-K

Questo tipo di bistabile si ottiene aggiungendo al flip-flop R-S due porte AND. Il dato di ingresso J e l'uscita /Q costituiscono gli ingressi della porta AND2. Poiché la sua uscita viene applicata al terminale S, la funzione che definisce il suo valore è: S = J x /Q. Analogamente, il dato di ingresso K e l'uscita Q vengono inviati alla porta AND1, la cui uscita corrisponde al terminale R che assume i valori definiti dall'equazione R= K x Q. La tabella della verità di questo bistabile è:

J	K	Q
0	0	Qn
1	0	1
0	1	0
1	1	/Qn

Flip-flop J-K a porte NAND a 3 ingressi, nei quali il terzo ingresso è costituito dalla reazione dei segnali di uscita

Circuito integrato costituito da due bistabili J-K con segnali di Preset e Clear

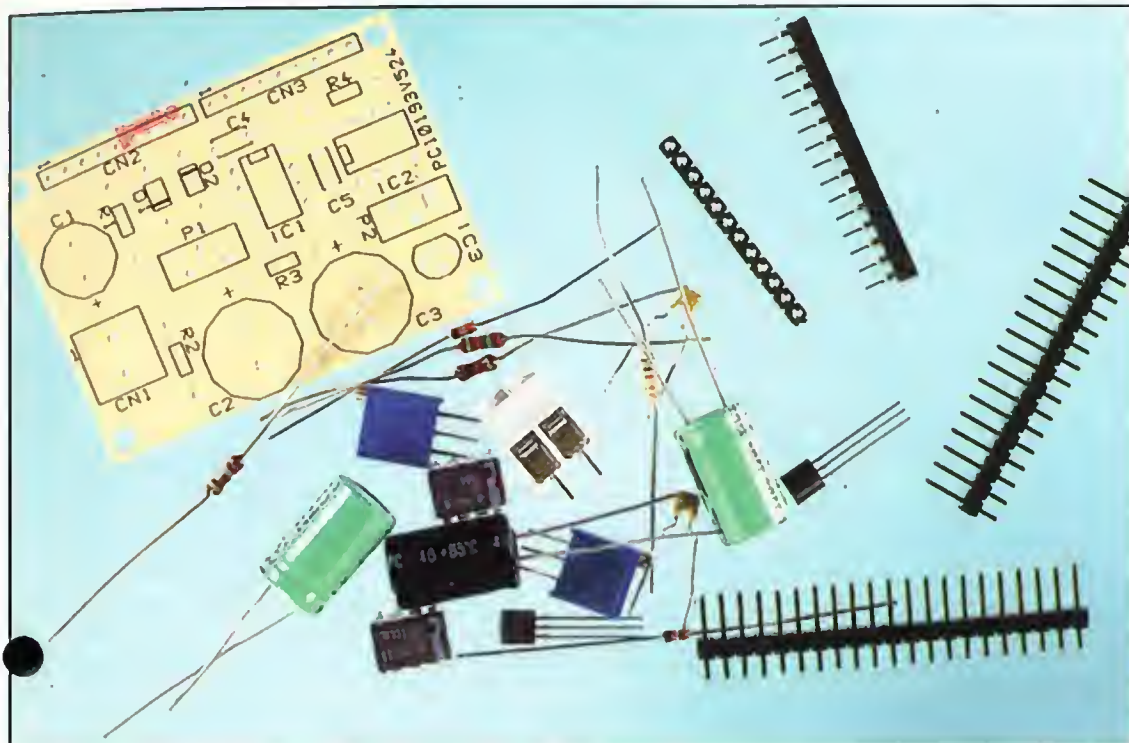
può osservare nella figura corrispondente. Questi ingressi si ricavano reazionando le uscite Q e /Q rispettivamente.

La tabella della verità vista in precedenza indica ciò che accade in uscita quando si applica un impulso di clock all'ingresso, in funzione del valore assunto da J e K. Prima che venga applicato questo impulso però, il valore dell'uscita è indeterminato. Se si aggiungono gli ingressi indicati con Preset e Clear, è possibile invece definire lo stato iniziale del flip-flop; ad esempio, può essere necessario azzerare il bistabile, e cioè portare l'uscita Q a 0, quando il segnale di clock si trova a livello basso.

Questi ingressi che permettono l'impostazione dell'uscita a 0 o a 1 vengono chiamati *diretti* o *asincroni*, poiché non sono sincronizzati con il clock e possono essere applicati in un istante qualsiasi tra due impulsi dello stesso. Dopo aver determinato asincronicamente lo stato del flip-flop però, entrambi gli ingressi diretti devono essere portati a 1 prima che arrivi l'impulso di clock successivo. Se entrambi sono a 0 si è in presenza di una condizione indeterminata.

Come è possibile vedere, le prime tre linee della tabella della verità di un J-K sono identiche a quelle della tabella della verità ricavata per il flip-flop R-S. Solo l'indeterminazione dello stato S = R = 1 è in questo caso sostituita dall'inversione /Q; infatti, se i due ingressi del flip-flop J-K si trovano a livello alto l'uscita viene complementata dagli impulsi di clock.

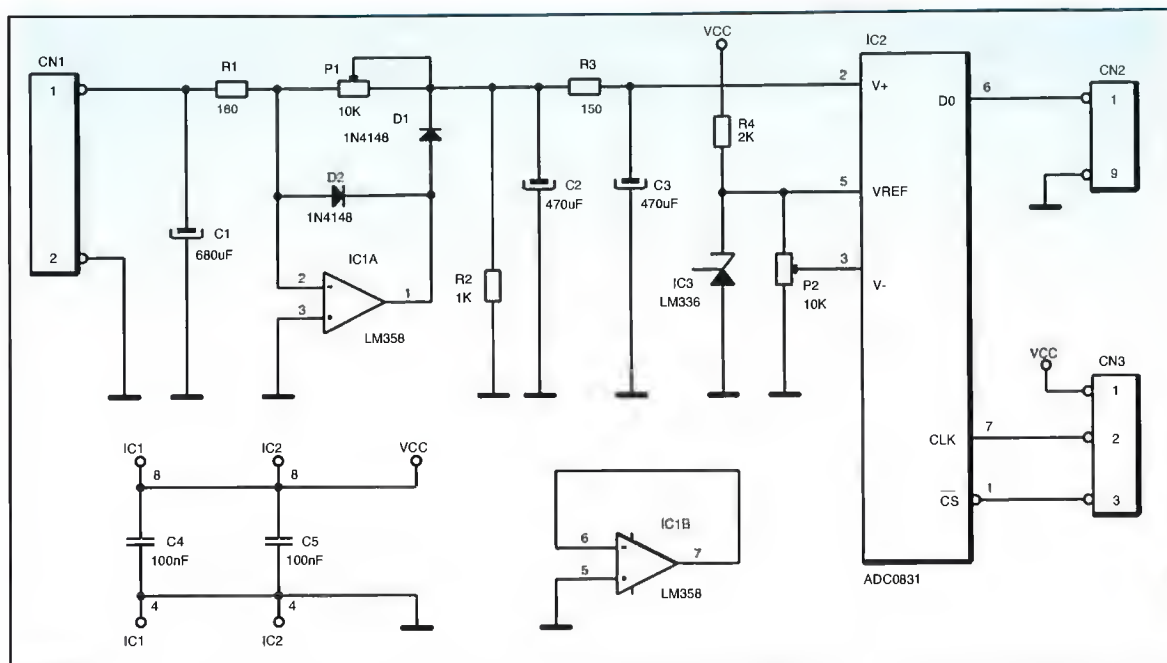
Nella pratica non è necessario utilizzare le porte AND per costruire un flip-flip J-K, poiché si può ottenere lo stesso scopo aggiungendo un terminale in più a ciascuna delle porte NAND, come si

Elementi circuitali di un integrato con due flip-flop J-K

CONTROLLO DEL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA

Poiché la maggior parte dei lavori domestici sono in qualche modo legati al mondo degli elettrodomestici, arriva un momento nel quale il controllo dell'energia elettrica consumata nella propria abitazione può rivelarsi un'operazione molto utile per ridurre le spese.

I wattmetri forniscono misure istantanee della potenza assorbita

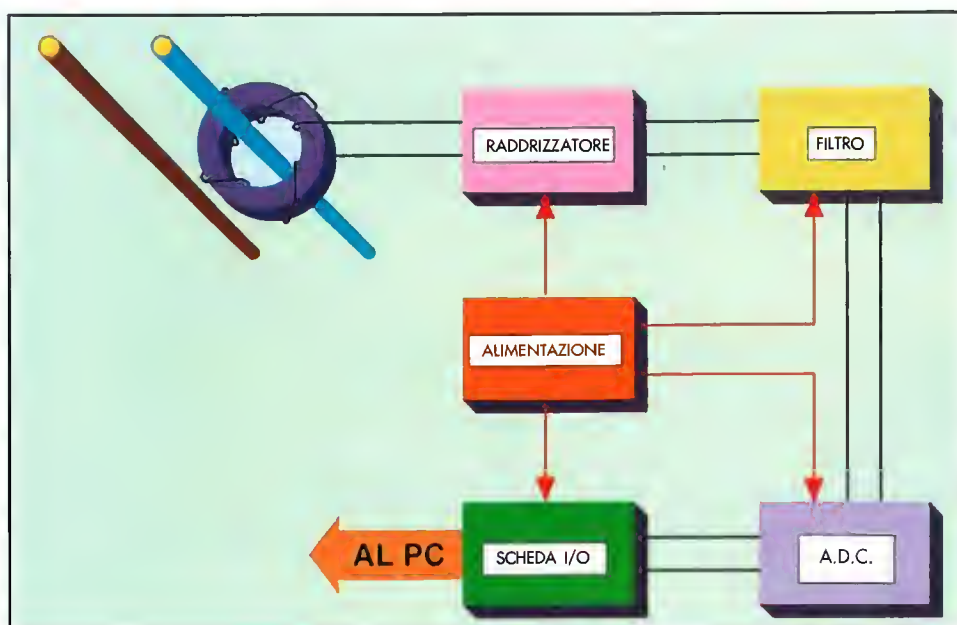
Tra le apparecchiature impiegate per eseguire delle misure elettriche ed elettroniche si distingue per la sua grande utilità il *wattmetro*. La stessa ENEL fa largo uso di dispositivi di questo tipo, e in particolare di una versione che misura la potenza assorbita in funzione del tempo. Detto in altro modo, i wattmetri forniscono la misura istantanea della potenza assorbita, mentre le apparecchiature

Il sensore deve essere costruito con un nucleo di ferrite sul quale bisogna avvolgere del filo di rame smaltato

Schema elettrico dell'interfaccia di controllo del consumo di energia elettrica ottenuto tramite un PC

note come *contatori*, installate dall'ENEL, rilevano il consumo avvenuto nell'abitazione in kW/h (kiloWatt per ora).
In quest'opera non si poteva tralasciare il progetto di un dispositivo in grado di controllare l'assorbimento elettrico della propria abitazione. Per questa ragione si è ideato un tipo di sensore molto ingegnoso, ma non per questo particolarmente complesso, in grado di convertire il valore relativo all'energia consumata in un dato leggibile dal PC.

IL SENSORE DI ASSORBIMENTO

Per comprendere il modo in cui questo sensore è in grado di rilevare l'assorbimento degli elettrodomestici che si desiderano tenere sotto controllo, non è necessario avere nozioni molto approfondite di magnetismo e di elettricità in generale. In modo molto intuitivo, è sufficiente capire che l'interazione prodotta dalle linee di forza di un campo magnetico generato da una bobina (nel circuito presentato la bobina è rappresentata dal sensore toroidale) inserita in un campo elettrico variabile (che in questo caso è rappresentato dal filo conduttore che si vuole monitorare), provoca ai capi della stessa una differenza di tensione proporzionale al campo elettrico prodotto dal suo avvolgimento. Il sensore, come si può osservare nella figura corrispondente, si costruisce utilizzando un nucleo di ferrite sul quale viene eseguita una bobinatura con filo di rame smaltato da 0,4 mm di diametro. Su

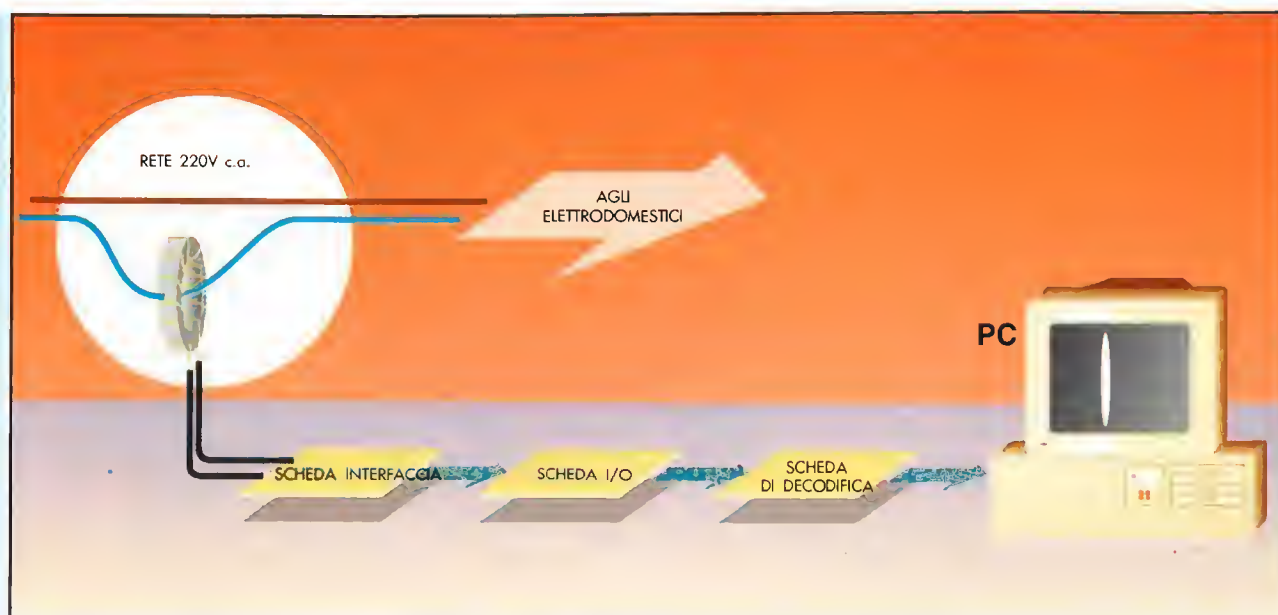
Schema a blocchi dell'interfaccia

questo nucleo bisogna avvolgere 200 spire, spaziandole opportunamente in modo che non risultino sovrapposte.
Dopo aver realizzato il sensore bisogna valutare quale è il modo più semplice e meno pericoloso per la sua applicazione. La linea elettrica che si desidera monitorare deve essere "intercettata" dal sensore, per cui è necessario far passare uno dei due fili conduttori che costituiscono la linea di alimentazione che si vuole misurare all'interno della bobina toroidale; in questo modo le variazioni indotte nella bobina a causa della corrente che percorre il filo di alimentazione risultano proporzionali alla corrente di assorbimento dell'elettrodomestico o del dispositivo collegato a quella linea. Si raccomanda la massima precauzione nell'esecuzione delle operazioni di posizionamento del sensore, e si consiglia di staccare l'alimentazione generale dell'abitazione sino a che non si è eseguita questa operazione.
Dopo aver terminato l'installazione del sensore, non resta che collegare i suoi terminali al connettore a vite presente sulla scheda di interfaccia, progettata appositamente per permettere la comunicazione con la scheda di I/O collegata al PC. Quando si collegano i terminali della bobina al connettore indicato con CN1, bisogna tener presente che il filo utilizzato è di rame smaltato, per cui è necessario eliminare lo smalto isolante sugli estremi di connessione (raschiandolo con una lametta) per ottenere un contatto elettrico corretto tra il filo stesso e il connettore.

Bobina del sensore di consumo da collegare al circuito di interfaccia

LA SCHEDA DI INTERFACCIA

Poiché il segnale prodotto dal sensore e presente sui suoi terminali è formato da una corrente alternata di pochissimi millivolt, è necessario adeguarlo sia ai livelli richiesti dal calcolatore che lo riceve sia al tipo di informazione che questo è in grado di gestire; ciò significa che è necessario digitalizzare il segnale.
Nello schema elettrico riportato in figura si può osservare come viene ottenuta questa conversione. Per prima cosa il segnale di ingresso viene filtrato dal condensatore C1; ciò impedisce che picchi indesiderati, generalmente costituiti da rumore indotto nella bobina, raggiungano la stadio amplificatore. In situazioni normali, vale a dire con carichi di tipo resistivo, la tensione indotta nella bobina corrisponde ad un valore di corrente alternata di 50 Hz, come tutti possono facilmente immaginare. Ciò però non avviene quando l'assorbimento è determinato da un elettrodomestico, le cui caratteristiche non sono solamente resistive: ad esempio, se viene monitorato un motore di una certa potenza (un phon, un aspirapolvere, ecc.), questo genera un certo *rumore elettrico* nella bobina, che viene fermato ed eliminato dal condensatore C1.
Il cuore dello stadio raddrizzatore è costituito dall'amplificatore operazionale LM358. Un fattore determinate nella sua scelta è dovuto al fatto

Il segnale rilevabile ai capi del sensore è costituito da una piccola tensione alternata dell'ordine dei millivolt

Dettagli costruttivi della bobina S1

Il consumo si può misurare applicando il sensore alla rete elettrica

che questo integrato consente di utilizzare un unico tipo di alimentazione. L'operazionale, utilizzato nel circuito come elemento raddrizzatore attivo, funziona anche come stadio di amplificazione.

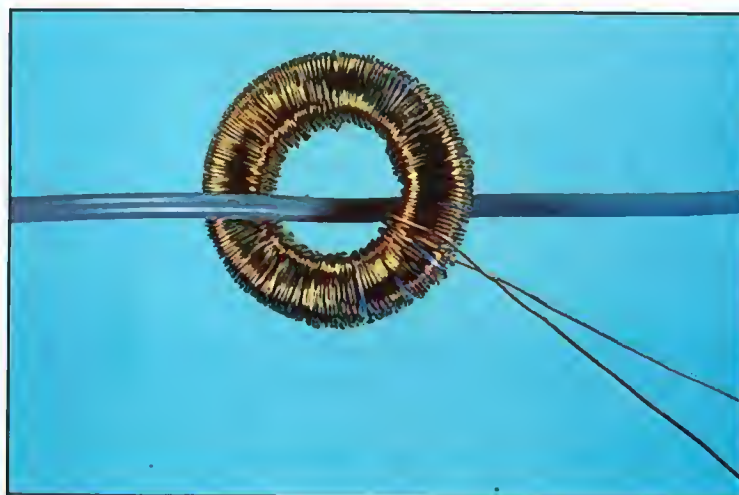
Questa caratteristica risulta molto utile poiché l'installazione del sensore non è assolutamente normalizzabile per i diversi lettori. Infatti, ognuno di essi può installare il sensore a una distanza maggiore o minore rispetto all'interfaccia. Per questa ragione, la possibilità di poter regolare l'amplificazione tramite IC1 permette una buona compensazione delle perdite che si possono generare sul cavo di collegamento tra il sensore e la scheda. Lo stadio raddrizzatore/amplificatore è formato dai componenti IC1, R1, P1, D1 e D2, e il rapporto di amplificazione dell'operazionale si può ricavare con l'equazione $A = P1/R1$.

Dopo che il segnale è stato raddrizzato e amplificato deve essere filtrato; questa operazione viene effettuata nella cella a "π" formata dai componenti C2-R3-C3.

Al di la di questo filtro il segnale è già di tipo continuo, di valore opportuno e proporzionale all'assorbimento rilevato dalla bobina del sensore, e pronto per essere inviato al circuito di conversione analogico-digitale.

Il cuore dello stadio raddrizzatore è costituito dall'amplificatore operazionale LM358

Come tutti sanno i segnali di tipo analogico (ad esempio la pressione, la temperatura, la tensione, ecc.) non possono essere interpretati direttamente da un computer. Per fare in modo che quest'ultimo possa riconoscere questi dati è necessario adattare il segnale, e cioè trasformarlo in un formato riconoscibile dalla macchina. Il formato standard nel mondo dell'informatica è ovviamente quello binario definito dall'algebra booleana, più conosciuta come algebra digitale. Da quanto esposto è facile dedurre che si deve convertire il valore di tensione del segnale in una combinazione di 0 e

Il conduttore oggetto della misura deve essere fatto passare attraverso la bobina del sensore

1. Questa funzione è svolta da IC2, un ADC con la sigla ADC0831 costruito dalla National Semiconductor, e dai componenti associati a questo integrato, IC3, R4 e P2. Il segnale analogico raggiunge il terminale 2 di IC2, che con l'aiuto di alcuni riferimenti di tensione prestabiliti (operazione eseguita da IC3 e R4) lo converte nel formato binario. L'intervallo di lavoro di questo integrato nella configurazione in esame è di 2,5 V, il che significa che la variazione del segnale analogico di ingresso può avvenire entro un margine simile. L'uscita dell'ADC0831 (terminale 6) deve essere collegata alla scheda di I/O che, a sua volta, viene collegata al PC. Il margine di lavoro disponibile all'ingresso (2,5 V) corrisponde ai 256 valori disponibili sull'uscita (terminale 6) di IC2.

L'uscita dell'ADC0831 viene collegata al PC tramite la scheda di interfaccia di I/O

Il terminale 3 di IC2 verrà utilizzato in seguito per regolare il valore "0" della misura, mentre gli altri terminali sono destinati al protocollo di comunicazione che è necessario stabilire tra la scheda di interfaccia e il calcolatore. In pratica, il terminale 7 riceve gli impulsi di clock (CLK) e il terminale 1 (/CS) abilita il circuito nell'istante corretto perché esegua la conversione A/D, e successivamente invii i dati binari al computer (tramite il terminale 6 dell'integrato).

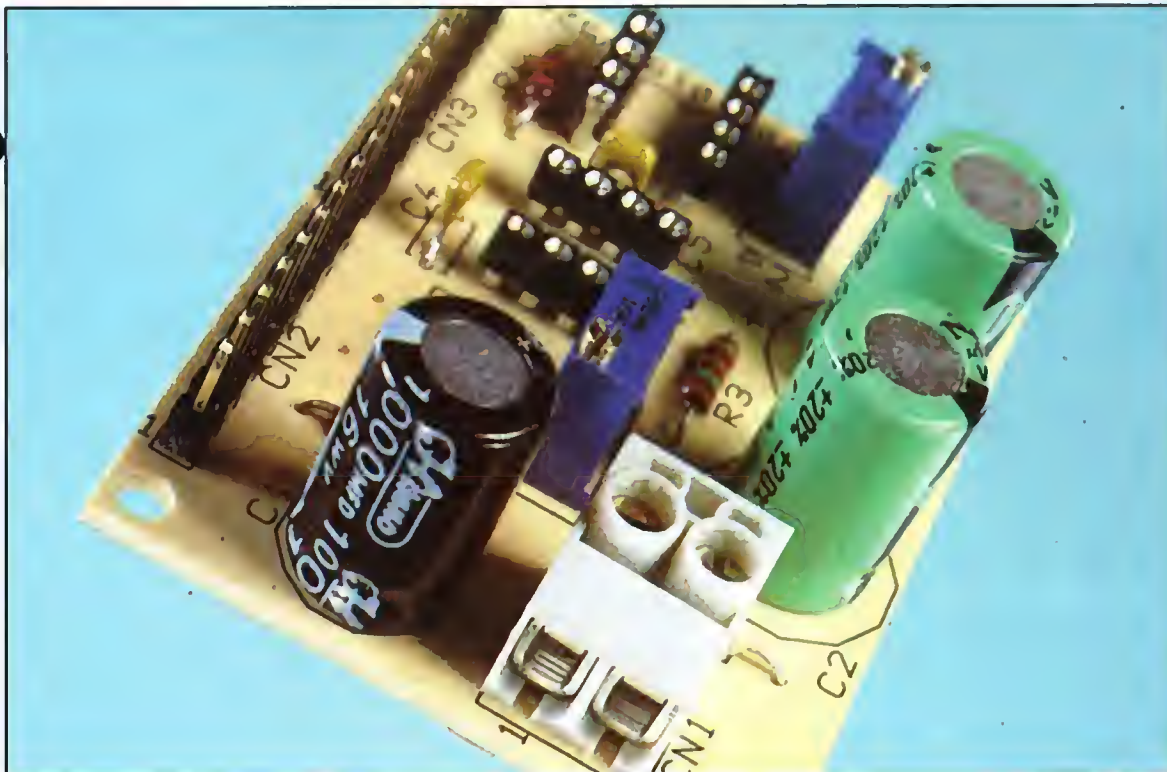
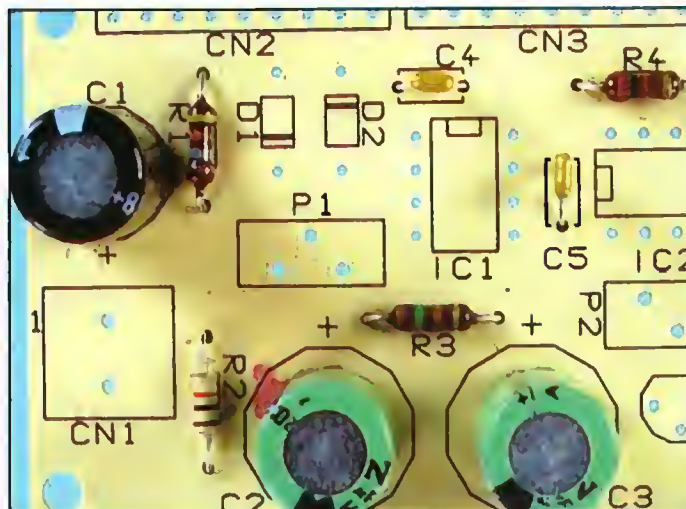
I due connettori di uscita della scheda di interfaccia, indicati con CN2 e CN3, devono essere collegati rispettivamente ai connettori CN2 e CN3 della scheda I/O.

I due connettori CN2 e CN3 di uscita dell'interfaccia devono essere collegati rispettivamente ai connettori CN2 e CN3 della scheda di I/O

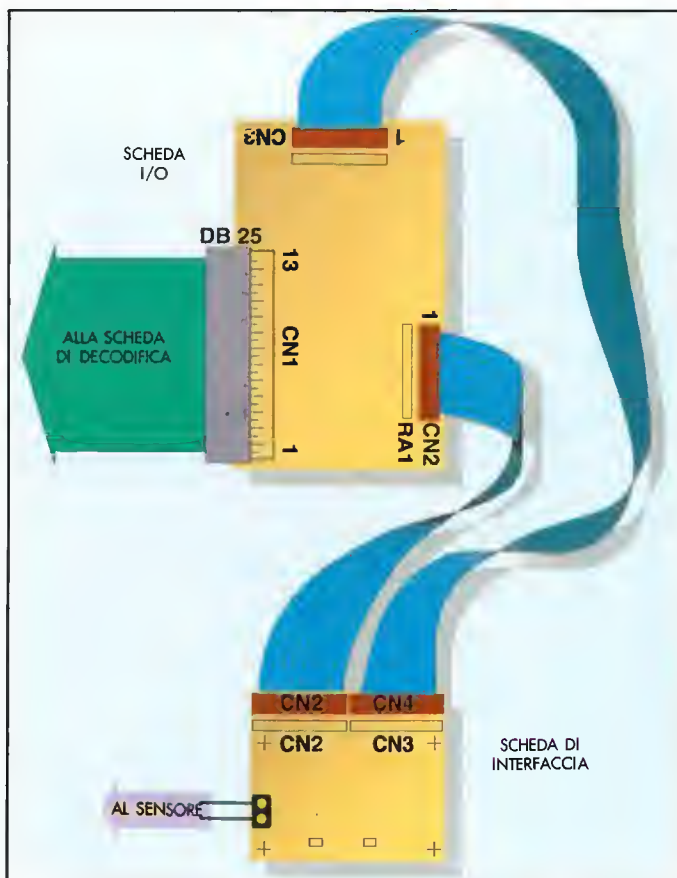
MONTAGGIO DEL CIRCUITO

I componenti necessari per la scheda di interfaccia per il controllo del consumo di energia elettrica non sono assolutamente difficili da reperire in commercio, eccezion fatta per la bobina S1, che dovrà essere realizzata manualmente. Il procedimento relativo alla costruzione di detta bobina non è complicato ma piuttosto laborioso. L'illustrazione corrispondente riporta i dati necessari per realizzarla senza problemi.

Si inizia seguendo le regole generali di qualsiasi

Dettaglio del connettore a vite al quale devono essere collegati i terminali della bobina

La bobina del sensore deve essere costruita seguendo le indicazioni fornite nel testo

I primi componenti che devono essere montati sono quelli passivi, costituiti dalle resistenze e dai condensatori

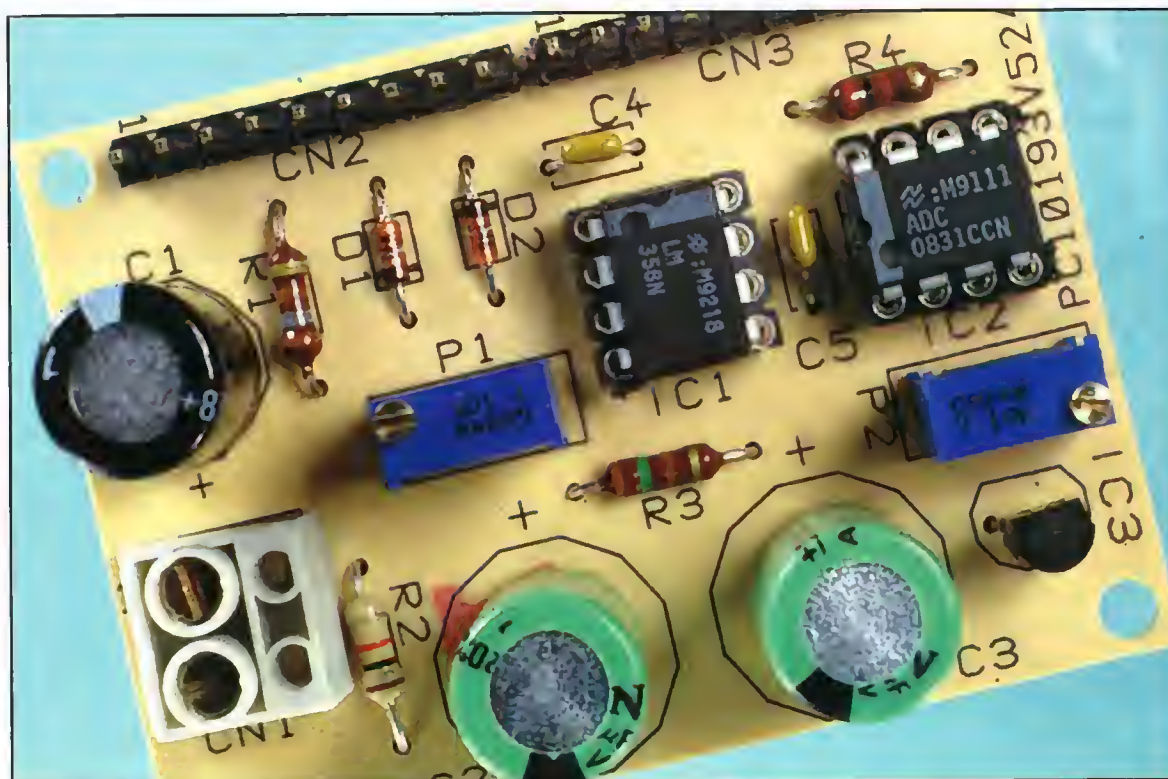
montaggio elettronico, e cioè installando per primi i componenti passivi: per componenti passivi si intendono resistenze e condensatori.
Dopo aver saldato i componenti sullo stampato, bisogna tagliare la parte del reoforo che fuoriesce dalla saldatura; è importante ricordare che alcuni condensatori sono di tipo elettrolitico, per cui devono essere montati in accordo con le indicazioni di polarità serigrafate sullo stampato.
Un errore nel montaggio di questi componenti non solo potrebbe causare dei malfunzionamenti del circuito, ma potrebbe provocare l'esplosione del condensatore, situazione piuttosto imbarazzante che potrebbe diventare pericolosa per la propria incolumità.
Giunti a questo punto si devono montare le file di terminali maschi, il connettore a vite del sensore, e i terminali femmina utilizzati come zoccoli per gli integrati (tranne che per IC3).
A causa della semplicità del circuito non è stato necessario utilizzare uno stampato a doppia faccia, per cui il montaggio risulta semplificato e consente di utilizzare zoccoli per integrati tradizionali al posto dei terminali femmina torniti; questo perché non si devono realizzare saldature sulla faccia superiore della scheda (lato componenti).
Di seguito si possono saldare i potenziometri di regolazione, che devono essere a montaggio verticale (nella fotografia corrispondono ai componenti di colore viola).
Al termine di questa operazione si possono montare i componenti attivi sullo stampato, costituiti dagli integrati IC1 e IC2, che dovranno essere inseriti nei corrispondenti zoccoli, dal circuito integrato IC3, e dai diodi raddrizzatori D1 e D2. Come si può osservare, l'integrato che fornisce la tensione di riferimento IC3 e i diodi devono essere montati direttamente sulla scheda.
La saldatura di qualsiasi componente attivo è sempre piuttosto critica, anche se prestando un minimo di attenzione (evitando di surriscaldare troppo i componenti) è possibile portare a termine l'operazione senza problemi.
Uno dei vantaggi di questa scheda di interfaccia è dovuto al fatto che questa viene collegata direttamente alla scheda di I/O, che è in grado di stabilire in modo diretto la comunicazione con il

La scheda di interfaccia deve essere collegata alla scheda di I/O realizzata in precedenza

PC e fornire le alimentazioni necessarie. Ciò permette di evitare la progettazione e la realizzazione dell'alimentatore esterno, che dovrebbe erogare i 5 Vcc richiesti dal dispositivo.
Tra gli altri componenti che completano il montaggio si segnalano i condensatori C4 e C5, destinati al disaccoppiamento dell'alimentazione per i circuiti integrati IC1 e IC2, e la coppia di cavi di connessione che devono essere costruiti dal lettore. Questi possono venire realizzati utilizzando due cavi piatti a 9 fili di lunghezza non superiore ai 30 cm, ai cui estremi devono essere applicati dei connettori formati da una fila di terminali femmina che consentano l'inserimento nei corrispondenti terminali maschi montati sulla scheda.

Si devono cablare i potenziometri di regolazione P1 e P2, le file di terminali per la connessione esterna, e quelle per gli integrati

VERIFICA

Una delle operazioni più ingrate che ogni sperimentatore elettronico deve effettuare è senza dubbio la verifica che segue qualsiasi realizzazione.
La prima operazione di controllo è costituita da una accurata ispezione visiva del circuito, che permette di localizzare sia eventuali cortocircuiti che saldature fredde. Queste ultime sono facili da individuare, e generalmente sono provocate da quei lettori non abituati a lavorare con il saldatore. Il trucco per localizzarle consiste nell'osservare attentamente la colata di stagno; se l'aspetto non

Scheda di interfaccia completa

La coppia di cavi di collegamento può essere realizzata con una coppia di cavi piatti

Vista dei condensatori che formano il filtro "π" all'uscita del raddrizzatore attivo

offre la tipica lucentezza della saldatura corretta, si può essere quasi certi di essere in presenza di una saldatura fredda. Queste righe non pretendono di essere un corso di saldatura, ma solo fornire alcuni consigli per gli hobbisti meno esperti. Infatti, una saldatura fredda offre una resistenza superiore rispetto a una saldatura ottimale, per cui il dispositivo potrebbe non funzionare correttamente, o addirittura si potrebbero avere conseguenze più gravi.

Il passo successivo consiste nel verificare la corretta alimentazione di tutti componenti polarizzati, costituiti dai condensatori elettrolitici e dai semiconduttori. Inoltre, è importante controllare il corretto orientamento dei circuiti integrati, che potrebbero essere stati montati al contrario; se così fosse, quando si alimenta il circuito potrebbero danneggiarsi in modo irreparabile. Per evitare questo problema è sufficiente osservare la serigrafia presente sullo stampato, che indica chiaramente l'orientamento del chip in funzione della sua tacca di riferimento.

Dopo aver eseguito queste verifiche la scheda di interfaccia è pronta per essere collegata e attivata (restano solamente da eseguire le regolazioni).

Elenco componenti

Resistenze

R1 = 180 Ω

R2 = 1 kΩ

R3 = 150 Ω

R4 = 2 kΩ

P1, P2 = 10 kΩ multigiri (a regolazione verticale)

Condensatori

C1 = 680 oppure 1000 µF - 16 V

C2, C3 = 470 µF - 16 V

C4, C5 = 100 nF

Semiconduttori

D1, D2 = 1N4148

IC1 = LM358

IC2 = ADC0831

IC3 = LM336 - 2,5 V

Varie

CN1 = connettore a vite per c.s.

CN2, CN3 = striscia da 9 terminali maschi

Nucleo toroidale di ferrite

Filo smaltato in rame con diametro 0,4 mm

Circuito stampato PC10193V524

Cavi di collegamento (2x) con la scheda di I/O (vedere testo) e relativi connettori femmina